

Adam Krajewski

technolog drewna, SGGW Warszawa

Jan Perkowski

fizyk, Politechnika Łódzka, Łódź

KONSERWACJA ZABYTKÓW Z UŻYCIEM PROMIENI GAMMA PIĘTNAŚCIE LAT BADAŃ I PRAKTYKI W POLSCE

Chemicalne środki ochrony drewna używane do dezynsekcji tego materiału, oprócz niewątpliwych zalet, wykazują również wiele wad. Nasuwa to od wielu lat pokusę sięgania po fizyczne metody konserwacji drewna, niepowodujące chemizacji środowiska życia człowieka. Od lat 30. XX w. w Danii i Niemczech z powodzeniem stosuje się na dużą skalę termiczne zwalczanie spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.) w więźbach dachów przy użyciu gorącego powietrza. Zabieg ten w wielu przypadkach jest zbyt brutalny, aby można go było użyć do dezynsekcji obiektów o złożonej strukturze materiałowej, zwłaszcza drewna polichromowanego i pokrytego złoconiami. Po II wojnie światowej zaistniała możliwość użycia do tego celu promieni gamma. W odróżnieniu od tzw. *sterile insects (males) technique*, stosowanej do eliminacji szkodników w magazynach, na polach i w sadach, w omawianej metodzie stosuje się dawki na tyle duże, aby jak najszybciej spowodować śmierć zwalczanego gatunku, a jednocześnie poniżej wielkości mogącej spowodować uszkodzenia materiałów występujących w zabytku. Metoda ta ma wiele zalet. Należą do niej: szybkość zabiegu, niezawodność, prostota wykonania, absolutna czystość, możliwość wykonania zabiegu na obiektach o złożonym składzie materiałowym oraz możliwość działania bez rozpakowywania obiektu. Niewątpliwym problemem jest użycie substancji radioaktywnej (kobalt ^{60}Co i cez ^{137}Cs) w bardzo specjalistycznych urządzeniach, obsługiwanych przez specjalne, profesjonalne ekipy pracowników.

Stosując promienie gamma można, w sposób podobny jak przy dezynsekcji, zabijać bakterie i grzyby niszczące cenne obiekty oraz wzmacniać strukturalnie drewno zabytków, w tym również znaleziska archeologiczne. W tym ostatnim przypadku konsolidacja drewna połączona jest ze stabilizacją wymiarową i opiera się na użyciu monomerów. Tylko w przypadku strukturalnego wzmacniania drewna, używając polimeryzowanych radiacyjnie monomerów, nie można mówić o szybkości, czystości i wykonaniu zabiegu bez rozpakowywania obiektu.

Promienie gamma stosowane są w Polsce do konserwacji zabytków od ok. 15 lat. Warto zatem dokonać próby podsumowania: co zrobiliśmy w sferze badań i praktyki, co pozostało zaniedbane, jak wyglądały na tle dokonań innych krajów?

Stan badań nad zastosowaniem promieni gamma do konserwacji zabytków

Badania nad zwalczaniem ksylofagicznych owadów zostały zapoczątkowane i konsekwentnie rozwijane w Wielkiej Brytanii przez Bletchly'ego¹. Przeprowadzono je przede wszystkim na miazgowcu brunatnym (*Lyctus brunus* Steph.) oraz niektórych stadiach rozwojowych kołatka domowego (*Anobium punctatum* De Geer) i tykotka pstrego (*Xestobium rufovillosum* De Geer).

Następnie w wielu publikacjach, w których nie zamieszczono wyników badań ani kryteriów skuteczności oceny działania, zaczęto podawać różne dawki, zalecane do dezynsekcji drewna. Najprawdopodobniej dokonując interpretacji badań Bletchly'ego, Bors podał, że dawka 0,4-0,6 kGy powoduje całkowite wytępienie larw i *imagines* chrząszczy². Powołując we Francji program NUCLEART, nie podjęto badań nad wielkością dawek potrzebnych do uśmiercania ksylofagicznych owadów³. Dokonano natomiast interpretacji badań Bletchly'ego, określając dawkę do dezynsekcji drewna na 0,25-0,5 kGy⁴. Nie ujawniając metodyki badań (jeśli takie były w ogóle prowadzone), Michailov podał z kolei informację o konieczności użycia dawki 3,2 kGy do zwalczania spuszczela domowego (*Hylotrupes bajulus* L.) w drewnie⁵.

Jednak na podstawie skutków praktycznego zastosowania promieni gamma do dezynsekcji Neues Palais w Poczdamie – Sanssouci, krytycznie oceniono działanie 0,55 kGy, jako dawki niewalniającej całkowicie drewna od larw kołatków po 17 miesiącach od zabiegu⁶. Bardzo szybkie skutki w Neues Palais spowodowała dopiero dawka 3,07 kGy. Tymczasem w Czechach Urban i Justa uznali, za doniesieniami francuskimi, że dawki 0,25-0,5 kGy wystarczą do uwolnienia napromienionego obiektu od wszystkich stadiów rozwojowych ksylofagicznych owadów⁷. Co więcej, przyjęli, że w zbiorach Muzeum Regionu Centralnych Czech w przybliżeniu ok. 50-60% eksponatów jest porażonych przez kołatkę i inne szkodniki i wymaga dezynsekcji za pomocą promieni gamma.

Metodyczne badania nad dezynsekcją drewna rozpoczęto w Polsce z początkiem lat 90. XX w. Pomimo przerw, prowadzono je konsekwentnie przez

blisko dekadę. Oprócz doświadczeń na spuszczelu pospolitym i dwóch ksylofagicznych gatunkach z rodziny kołatkowatych⁸, doświadczeniami objęto niektóre szkodniki papieru, tkanin, skór i futer⁹. Badania zostały przeprowadzone we współpracy PP PKZ Oddział Badań i Konserwacji (następnie SGGW, Wydział Technologii Drewna) z VII Zakładem Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Prace kontynuowano później we współpracy z Międzyresortowym Instytutem Radiacyjnym Politechniki Łódzkiej. Zestawienie dawek w piśmiennictwie zagranicznym i polskim, zalecanych do dezynsekcji, dezynfekcji i polimeryzacji monomerów, przedstawiono w tabeli 1.

Znacznie trudniej o wzmianki dotyczące dawek zalecanych do dezynfekcji drewna. Można je znaleźć w stosunkowo nielicznych publikacjach¹⁰. Nie mają one jednak charakteru ujawnienia wyników metodycznych badań, z wyjątkiem doświadczeń Borsaa¹¹. Nie udało się również odnaleźć wzmianek o badaniach krajowych nad tym zagadnieniem. Wymagane dawki są tu większe niż w przypadku zwalczania owadów. W publikacjach poświęconych dezynfekcji drewna na ogół zwraca się uwagę na możliwość obniżenia dawek, poprzez podniesienie temperatury obiektu do dwudziestu kilku, trzydziestu kilku¹² lub nawet 40-50°C¹³. Natomiast pomysł zwiększenia wilgotności powietrza do 95% w trakcie podgrzewania napromieniowanych pleśni niszczących papier wydaje się co najmniej kontrowersyjny¹⁴.

Badania nad strukturalnym wzmocnieniem drewna zabytków, nazywanym również konsolidacją lub petryfikacją, zostały podjęte w Grecji i we Francji. Mavroyannakis w 1982 r.¹⁵ zaprezentował wyniki greckich badań stabilizacji wymiarowej i strukturalnego wzmocnienia mokrego drewna archeologicznego. Stwierdził występowanie poważnego problemu, związanego z wydzielaniem dużej ilości ciepła w czasie polimeryzacji takich substancji (80°C w przypadku octanu winylu i 145°C w przypadku metakrylanu metylu).

Napromieniowanie ze źródeł stosowanych przy konserwacji zabytków nie powoduje wzbudzenia radioaktywności drewna i innych niekorzystnych zmian, przynajmniej w granicach stosowanych dawek. Wprawdzie Beck podał informację, że drewno brzozy po dawce 40 kGy wykazuje mniejszą odporność na zgniatanie¹⁶, ale Detanger i inni uznali, że dawka 50 kGy nie powoduje żadnych zmian fizycznych drewna, a zmiany „w wyglądzie” zachodzą dopiero po dawce 1 MGy¹⁷. Raczkowski i Fabisiak, posługując się również kobaltem ⁶⁰Co, piszą o tej dawce jako progowej, od której pojawia się kruchość drewna w wyniku amorfizacji celulozy¹⁸. Dawki stosowane do dezynsekcji, w granicach wielkości 0,5-75 kGy powodują zwiększenie wartości pokarmowej drewna sosny dla larw spuszczela. W przypadku drewna świerka dawki takie mieszczą się w granicach 2,5-50 kGy¹⁹. Pewne obawy wzbudza działanie promieni gamma na papier. Autorzy niektórych publikacji

dopuszczają stosowanie dawek do 8 kGy, inni uważają, że uszkodzenia mogą powodować już dawki nieprzekraczające 3 kGy. Jeszcze mniej wiadomo o dawkach dopuszczalnych dla tekstyliów i skóry.

Stan praktyki użycia promieni gamma do konserwacji zabytków w Polsce

Po analizach podjętych w 1969 r. przez Francuską Komisję ds. Energii Atomowej uruchomiono we Francji program NUCLEART, mający zapewnić wykorzystanie energii jądrowej dla potrzeb konserwacji zabytków²⁰. Pierwsze prace w tym zakresie we Francji podjął de Nadaillac (Nadaillac) w Centrum Badań Nuklearnych (CEA) w Grenoble. Od tej pory instytucje odpowiadające za te prace ulegały wielokrotnym przeobrażeniom. W 1996 r. sprawami tymi zajmowała się Regionalna Pracownia Konserwacyjna NUCLEART, skupiająca licznych partnerów, m.in. CEA oraz Ministerstwo Kultury i Samorządów Terytorialnych (region Rodan – Alpy i miasto Grenoble)²¹. Dotychczas we Francji poddano napromieniowaniu kilkaset obiektów reprezentujących mokre drewno archeologiczne od neolitu po XVIII w., kilkaset obiektów reprezentujących suche drewno (rzeźby, meble, zabytki etnograficzne itp.), mumię Ramzesa II, różnego rodzaju rzeźby kamienne: głowice kolumn, stelle i inne znaleziska archeologiczne²².

Założenia technologiczne dokonane we Francji przyjęto w latach 80. ub.w. w ówczesnej Czechosłowacji. W Muzeum Środkowych Czech w Roztokach koło Pragi uruchomiono komorę jonizacyjną, z zastosowaniem kobaltu ⁶⁰Co, gdzie w szczytowym okresie, ok. połowy lat 80. XX w., poddawano dezynsekcji nawet 1850 obiektów w skali rocznej²³. W obu krajach posługiwano się kobaltem ⁶⁰Co.

W tym samym czasie w ówczesnej NRD przeprowadzono, za pomocą promieni gamma, pierwszą (i jak dotąd jedyną) dezynsekcję *in situ* w obiekcie architektonicznym przy użyciu mobilnego urządzenia HWK-3, zawierającego cez ¹³⁷Cs²⁴. Zaletą źródeł kobaltowych jest niższa cena i metaliczna postać izotopu. Wadą jest stosunkowo krótki okres półtrwania. Źródła cezowe ze względu na niższą energię kwantów mogą być osłaniane uranem, co zmniejsza gabaryty urządzeń. Natomiast postać chemiczna, łatwo rozpuszczalny chlorek cezu, stwarza większe zagrożenie w przypadku rozszczelnienia osłony²⁵.

Zainteresowanie użyciem promieni gamma do konserwacji zabytków znalazło oddźwięk w polskim piśmiennictwie konserwatorskim od lat 80. XX w.²⁶ Znalazło ono wyraz w praktycznym użyciu promieni gamma do konserwacji wielu zabytków, przeprowadzonej w Międzyresortowym Instytucie Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej, posiadającym komorę jonizacyjną z urządzeniem zawierającym kobalt ⁶⁰Co. Zestawienie tych obiektów zamieszczono w tabeli 2.

Większość pozycji to obiekty drewniane, poddawane przede wszystkim dezynsekcji. Zastosowane dawki są dobre do zwalczania ksylofagicznych kółkatowatych (*Anobiidae*), zgodnie z nowszymi zaleceniami w literaturze polskiej i niemieckiej. W takich przypadkach nie ma specjalnych problemów, gdyż stan badań jest zaawansowany, a wymagane dawki stosunkowo niezbyt wysokie.

Większe problemy stwarzają zabiegi dezynsekcji. Wymagane są tu znacznie wyższe dawki, a stan zaawansowania badań nie jest wystarczający. Kamień jedynie raz poddany został dezynsekcji. I tu bez większych komplikacji dawkę można było dobrać do zakładanego mikroorganizmu i rodzaju tworzywa. Uwagę zwracają jednak dwie pozycje zbiorcze: książki z Biblioteki Głównej Politechniki Łódzkiej i 60 tys. sztuk obuwia więźniarskiego z Państwowego Muzeum na Majdanku. Zwłaszcza w przypadku książek zastosowana dawka musiała być kompromisem między zaleceniami dotyczącymi zwalczania mikroorganizmów a zaleceniami ostrożności w stosunku do papieru. W konsekwencji była dość niska – 6 kGy wobec zalecanych 15-18 kGy. W stosunku do skóry i tekstyliów w obuwiu zastosowano już znacznie większą dawkę – 19,4 kGy, wobec braku w piśmiennictwie sygnałów ostrzegawczych odnośnie napromieniowania takich materiałów dużymi dozami promieni gamma.

Ostania dekada XX w. przyniosła bardzo duży postęp w badaniach i praktycznym wykorzystaniu promieni gamma do konserwacji zabytków w Polsce. Zwłaszcza w dziedzinie dezynsekcji drewna możemy poszczycić się sporymi osiągnięciami. Zauważa się natomiast potrzebę wnikliwszych badań nad dezynfekcją różnych materiałów, zwłaszcza papieru, tekstyliów i skóry, wobec pojawiania się potrzeby zwalczania mikroorganizmów na bardzo licznych obiektach zawierających takie materiały.

Dr hab. Adam Krajewski, prof. SGGW, jest pracownikiem tej uczelni od 1996 r., specjalizuje się w ochronie drewna zabytków przed ksylofagicznymi owadami.

Dr inż. Jan Perkowski, absolwent Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej, jest pracownikiem Międzyresortowego Instytutu Techniki Radiacyjnej PŁ. Od kilkunastu lat bada i propaguje możliwość wykorzystania techniki radiacyjnej w konserwacji zabytków. Zajmuje się m.in. radiacyjną metodą dezynfekcji obiektów wykonanych z drewna, piaskowca, skóry i papieru.

Przypisy

1. J.D. Bletchly, *Some laboratory investigations on the eradication of wood-boring insects by gamma radiation*, (w:) *Proceedings of Xth Congress of Entomology*, vol. 4, Montreal 1956, s. 385-389; tenże, *The effect of gamma-radiation on some wood-boring insects*, „Annals of applied Biology”, nr 49, s. 362-370; tenże, *Effects on subsequent generations after gamma-irradiation of larvae of Lyctus brunneus (Steph.) (Coleoptera Lyctidae)*, „Annals of applied Biology”, nr 50, s. 661-667; J. D. Bletchly, R. C. Fisher, *Use of gamma radiation for the destruction of wood-boring insects*, „Nature”, vol. 179, nr 4561, s. 670.
2. J. Bors, *La suppression des dommages aux bois par des radiations ionisantes*, (w:) *Symposium on the Weathering of Wood 8-11.06.1969*, International Council of Monuments and Sites, Ludwigsburg, Germany 1969, s. 69-76.
3. R. Ramiere, *Konserwacja dzieł sztuki promieniami gamma we Francji*, (w:) *Materiały konferencyjne Ogólnopolskiego Sympozjum w Łodzi 23-24 kwietnia 1996 r.* „Technika radiacyjna i izotopowa w konserwacji zabytków”, Łódź 1996, s. 68-88.
4. B. Detanger, R. Ramiere, C. de Tassigny, R. Eymery, L. de Nadaillac, *The treatment of wooden objects*, „Revue Bois et Forêts des Tropiques”, 1974, nr 154, s. 59-62.
5. A. Michailov, *Conservation of fretwork and carved wood*, (w:) *Preprints of the Contributions to the New York Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects, 7-13 June 1970*, second edition, vol. 2, London 1971.

6. M. Bär, G. Kerner, W. Köhler, W. Unger, *Die Bekämpfung holzerstörender Insekten mit ionisierender Strahlung*, „Neue Museums Kunde”, 1983, nr 4, s. 208-215; W. Unger, *Möglichkeiten zur Bekämpfung holzerstörender Insekten durch physikalische Methoden*, „Holztechnologie”, 1984, nr 5, s. 264-269.
7. J. Urban, P. Justa, *Conservation by gamma radiation: the Museum of Central Bohemia in Roztoky*, „Museum”, 1986, nr 151, s. 165-167.
8. A. Krajewski, *Zwalczanie owadów – szkodników technicznych drewna za pomocą promieni gamma*, (w:) „Ochrona drewna” – XV Sympozjum, Warszawa 1990, s. 23-29; A. Krajewski, *Wykorzystanie promieni gamma do ochrony zabytków*, „Ochrona Zabytków”, 1991, nr 2, s. 104-111; A. Krajewski, *Ochrona zabytkowych obiektów drewnianych przed grzybami i owadami*, „Przemysł Drzewny”, 1992, nr 3, s. 26-32; A. Krajewski, *Z badań nad zwalczaniem promieniami gamma owadów niszczących zabytki i muzealia*, Cz. 1., *Odporność różnych stadiów rozwojowych*, „Ochrona Zabytków”, 1996, nr 4, s. 395-408; A. Krajewski, *Z badań nad zwalczaniem promieniami gamma owadów niszczących zabytki i muzealia*, Cz. 2., *Odporność różnych gatunków*, „Ochrona Zabytków”, 1997, nr 1, s. 47-55; A. Krajewski, *Fizyczne metody dezynsekcji drewna dóbr kultury*, Warszawa 2001; A. Krajewski, W. Stachowicz, *Zwalczanie promieniami gamma owadów niszczących drewno zabytków*, „Postępy Techniki Jądrowej”, 2003, vol. 46, z. 2, s. 6-35.

9. A. Krajewski, *Z badań nad zwalczaniem promieniami gamma owadów niszczących zabytki i muzealia*, Cz. 2., *Odporność różnych gatunków*, „Ochrona Zabytków”, 1997, nr 1, s. 47-55; A. Krajewski, W. Stachowicz, *Zwalczanie promieniami gamma owadów niszczących zabytkowe tkaniny, materiały wełnopochothane, futra i muzealne zbiory zoologiczne*, „Postępy Techniki Jądrowej”, 2003, vol. 46, z. 4, s. 36-44.
10. W. Beck, *L'emploi des radiations ionisantes pour l'assainissement du bois ancien*, (w:) *Symposium on the Weathering of Wood 8-11.06.1969*, International Council of Monuments and Sites, Ludwigsburg, Germany 1969, s. 53-68; J. Bors, jw.; B. Detanger, R. Ramiere, C. de Tassigny, R. Eymery, L. de Nadaillac, jw.; P. Justa, *Zastosowanie techniki radiacyjnej w Muzeum Regionu Centralnych Czech*, (w:) *Materiały konferencyjne Ogólnopolskiego Sympozjum w Łodzi 23-24 kwietnia 1996 r.*, „Technika radiacyjna i izotopowa w konserwacji zabytków”, Łódź 1996, s. 89-94.
11. J. Bors, jw.
12. Ibidem.
13. P. Justa, jw.
14. Ibidem.
15. E.G. Mavroyannakis, *Ageing of reinforced ancient waterlogged wood by gamma ray methods*, (w:) *Proceedings of the ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference*, ICOM, Ottawa 1982, s. 263-266.
16. W. Beck, jw.
17. B. Detanger, R. Ramiere, C. de Tassigny, R. Eymery, L. de Nadaillac, jw.
18. J. Raczkowski, E. Fabisiak, *Gęstość ścian komórkowych drewna sosny, poddanego działaniu promieniowania gamma*, (w:) „Ochrona drewna” – XV Sympozjum, Warszawa 1990, s. 16-22.
19. G. Becker, *Der Einfluss des Eiweiss-Gehaltes von Holz auf das Hausbocklarven-Wachstum*, „Zeitschrift für Angewandte Entomologie”, 1963, s. 368-390.
20. Anonim, *Cultural Heritage and nuclear conservation*, NU-CLEAR, Grenoble, s. 3.
21. R. Ramiere, jw.
22. Anonim, jw.; B. Detanger, R. Ramiere, C. de Tassigny, R. Eymery, L. de Nadaillac, jw.; A. Ginier-Gillet, M.-D. Parchas, R. Ramiere, Q.K. Tran, *Methodes de conservation developpees au Centre d'Etude et Traitement des Bois Gorgre d'Eau (Grenoble – France): impregnation par une resine radiodurcissable et lyophilisation*, (w:) *Proceedings of the 2nd ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference*, Grenoble 1984, s. 125-137.
23. J. Urban, P. Justa, jw.
24. M. Bär, G. Kerner, W. Köhler, W. Unger, jw.; W. Unger, jw.
25. W. Bogus, *Zasady działania izotopowych urządzeń radiacyjnych*, (w:) *Materiały konferencyjne Ogólnopolskiego Sympozjum w Łodzi 23 - 24 kwietnia 1996 r.*, „Technika radiacyjna i izotopowa w konserwacji zabytków”, Łódź 1996, s. 7-14.
26. A. Krajewski, 1991, jw.; A. Krajewski, 1996, jw.; A. Krajewski, 1997, jw.; A. Krajewski, 2001, jw.; D. Mączyński, *Zastosowanie promieniowania gamma w dziedzinie konserwacji zabytków*, „Ochrona Zabytków”, 1985, nr 4, s. 311-314.; J. Perkowski, W. Pękala, *Promieniowanie dla zabytków*, „Spotkania z Zabytkami”, 1995, nr 1, s. 41-42, ; W. Pękala, J. Perkowski, *Technika radiacyjna*, „Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki”, 1993, vol. 4, nr 3-4, s. 4-6.

CONSERVATION OF MUSEAL OBJECTS BY USE OF GAMMA RAYS THE 15 YEARS OF INVESTIGATION AND PRACTICE IN POLAND

The incidents of control of wood boring insects and incidents of wood, stone, paper and fabrics disinfection made in Interdepartment Institute of Radiation Technique of Technical University in Łódź are combined.

IIRT is sole post in Poland which made radiation operations for museal objects.

Radiation doses used in IIRT and foreign posts are compared. The conditions of investigations and practice in Poland are summarized.

Tabela 1. Zalecane dawki promieni gamma do różnych zabiegów konserwacji zabytków

Dezynsekcja drewna i innych materiałów

Zwalczany gatunek owada	Dawka zalecana w Polsce	Dawki zalecane w innych krajach
Kołatek domowy (<i>Anobium punctatum</i> De Geer) i inne kołatkowate niszczące drewno (<i>Anobiidae</i>)	2-3 kGy (Krajewski 1997, 2001)	Francja i Czechy: 0,25-0,5 kGy (Detanger i inni 1974, Urban i Justa 1985) Niemcy: 3,07 kGy (Unger 1984)
Spuszczel pospolity (<i>Hylotrupes bajulus</i> L.)	0,5-2 kGy (Krajewski 1997, 2001)	Bułgaria: 3,2 kGy (Michailov 1971)
Miazgowce (<i>Lyctus</i> sp.)	brak badań w Polsce (Bletchly 1961)	W. Brytania: 0,72-1,5 kGy,
Żywiak chlebowiec (<i>Stegobium paniceum</i> L.)	1-3 kGy (Krajewski 1997)	brak danych
Mole (<i>Tineidae</i>)	2-3 kGy (Krajewski 1997)	brak danych
Mrzyki (<i>Anthrenus</i> sp.)	1-3 kGy (Krajewski 1997)	brak danych

Dezynfekcja drewna

Przynależność systematyczna grzybów	Dawka zalecana w Polsce	Dawki zalecane w innych krajach
Grzyby domowe: Stroczek domowy – <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroet (grzybnia) Gnilica mózgowata – <i>Coniophora puteana</i> (Schum.: Fr.) Karst. (grzybnia)	nie znaleziono wyników oryginalnych badań w piśmiennictwie konserwatorskim	2-3 kGy (Bors 1969) 6,4 kGy (Bors 1969), 2 kGy przy 26°C (Bors 1969), 2 kGy przy 34°C (Bors 1969)
Mikroskopijne grzyby: <i>Aspergillus niger</i> (zarodniki) „najbardziej odporne pleśnie”	nie znaleziono wyników oryginalnych badań w piśmiennictwie konserwatorskim	15 kGy (Beck 1969) 18 kGy (Detanger i inni 1974)

Strukturalne wzmacnianie drewna

Polimeryzowane monomery	Dawka zalecana w Polsce	Dawki zalecane w innych krajach
Metakrylan metylu octan winylu	nie znaleziono wyników oryginalnych badań w piśmiennictwie konserwatorskim	Grecja (Mavroyannakis 1982): 25-30 kGy, 20 kGy,
Styren	nie znaleziono wyników oryginalnych badań w piśmiennictwie konserwatorskim	Francja (Ginier-Gillet i inni 1984): powyżej 20 kGy (Ginier-Gillet i inni 1984)

Tabela 2. Dotychczasowe zastosowanie promieni gamma do konserwacji zabytków w Polsce

Obiekt i jego pochodzenie	Tworzywo obiektu	Zakres działania	Dawka, nierównomierność dawki	Rok
Meble ze sklepu Wedla, pensjonat Deja Vu w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1990
Ołtarz z kaplicy cmentarnej w Rzaśni, woj. łódzkie	drewno	dezynsekcja i dezynfekcja	10 kGy, 15%	1993
Ołtarz Matki Boskiej z kościoła w Kurowicach, woj. łódzkie	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1995
Meble z pokoju W. Reymonta, Muzeum Historii Miasta Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1998
Rzeźba gotycka Matki Boskiej z Dzieciątkiem (1. poł. XV w.), Muzeum Archidiecezjalne w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy, 12%	1999
Skrzydła tryptyku z Rosochy k. Moszczenicy (pocz. XVI w.), Muzeum Archidiecezjalne w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1999
Zabytkowa komoda, własność prywatna	drewno	dezynsekcja	2 kGy	2000
Madonna z Dzieciątkiem, Muzeum Narodowe w Warszawie	piaskowiec	dezynfekcja – zwalczanie bakterii siarkowych	30 kGy, 20%	2001
60 tys. sztuk obuwia więźniarskiego w 600 workach, Państwowe Muzeum na Majdanku	skóra, tekstylia	dezynfekcja	19,4 kGy, 7,5%	2001
Rzeźby św. Franciszka, św. Antoniego i św. Anny, Archikatedra w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	2002
Książki z Biblioteki Głównej Politechniki Łódzkiej	papier	dezynfekcja	6 kGy	2002
Rzeźba św. Jana Nepomucena, Muzeum Archidiecezjalne w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy, 12,5%	2003